مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۳، شماره ۱، سال ۱۳۹۶

اثر مدیریت بقایای گندم و کلزا و روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت و برخی خصوصیات خاک

Effects of Wheat and Canola Residues Management and Tillage Methods on Maize Yield and some Soil Properties

حمید نجفی‌نژاد[۱]، ناصر رشیدی[۲]، محمدعلی رستمی[۳] و محمدعلی جواهری[۴]

۱ و ۴- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۲- مربی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
۳- استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۲۲

چکیده

نجفی‌نژاد ، ح.، رشیدی ، ن.، رستمی، م. ع. و جواهری ، م. ع. ۱۳۹۶. اثر مدیریت بقایای گندم و کلزا و روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت و برخی خصوصیات خاک. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۳:** ۸۳- ۶۱.

به‌منظور بررسی اثر مدیریت استفاده از بقایای گندم و کلزا (کشت پاییزه) و خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت و برخی خصوصیات خاک، دو آزمایش جداگانه به مدت سه سال (۱۳۹۰-۱۳۸۸) در منطقه ارزوئیه کرمان انجام شد. هر آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتور اصلی دو روش خاک‌ورزی مرسوم و حداقل و فاکتور فرعی مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح حفظ بقایا، جمع‌آوری بقایا و سوزاندن بقایا بود. در آزمایش کشت ذرت در بستر کلزا تیمار خاک‌ورزی مرسوم از نظر عملکرد دانه و ارتفاع بوته به ترتیب ۱۴/۴ و ۷ درصد نسبت به خاک‌ورزی حداقل برتری داشت. در آزمایش کشت ذرت در بستر گندم تیمار خاک‌ورزی مرسوم در دو سال اول آزمایش به‌طور معنی‌داری نسبت به خاک‌ورزی حداقل از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود اما در سال سوم تفاوت معنی‌داری بین دو روش خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. در مقایسه بین تیمارهای مدیریت بقایای گندم، تیمار حفظ بقایا از عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمارهای سوزاندن و جمع‌آوری بقایا برخوردار بود. برهمکنش خاک‌ورزی و مدیریت بقایا نشان باعث شد که تیمار حفظ بقایای گندم در شرایط خاک‌ورزی حداقل بیشترین محتوی رطوبت ذخیره‌شده در خاک را داشته باشد در هر دو آزمایش تیمار حفظ بقایا منجر به افزایش درصد ماده آلی خاک شد و تیمار سوزاندن بقایا فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک را افزایش داد. محتوی پروتئین دانه تحت تأثیر مدیریت بقایا غیر معنی‌دار اما خاک‌ورزی حداقل نسبت به مرسوم از نظر پروتئین دانه برتری معنی‌داری داشت. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق ضمن توصیه حفظ بقایای گیاهی در خاک و پرهیز از سوزاندن و یا جمع‌آوری پیشنهاد می‌شود برای مشخص شدن اثر مثبت خاک‌ورزی چنین آزمایش‌هایی برای دوره‌های حداقل پنج سال انجام شوند.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، بستر بذر، ذرت دانه‌ای، عملکرد، رطوبت خاک.

نویسنده مسئول: hnajafinezhad@yahoo.com تلفن: ۰۳۴۳۳۲۱۱۲۳۹۱

مقدمه

مدیریت بقایای گیاهان زراعی یکی از عوامل مهم در تولید پایدار نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شود. استفاده از بقایای گیاهی در زراعت به‌عنوان کود آلی، نقش به سزایی در بهبود خصوصیات خاک و نیز عرضه آب و مواد غذایی به گیاه و در نهایت افزایش عملکرد محصول دارد. پاور و دوران (Power and Doran, 1988) گزارش کردند در شرایطی که خاک با محدودیت رطوبت مواجه است کاربرد بقایای گیاهی در سطح خاک به افزایش کارآیی مصرف آب منجر می‌شود. ویل‌هلم و همکارن (Wilhelm *et al.,* 2004) بیان داشتند که حفظ بقایا در زمین به مقدار زیادی نگهداری آب در خاک و فعالیت میکروبی خاک را بهبود می‌بخشد. در مطالعه مذکور در سیستم بدون شخم با باقی گذاشتن بقایا میزان کربن ارگانیک خاک ۰/۱۴ درصد افزایش‌یافت. بقایای گیاهی برای فعالیت‌های میکروبی خاک با اهمیت بوده و عامل مثبتی در حفاظت خاک در برابر فرسایش و حفظ رطوبت و تولید پایدار گیاهان در دراز مدت است (Wilhelm *et al*., 2004). بحرانی (Bohrani, 1998) در ارتباط با تأثیر بقایای گندم در کشت دوم ذرت گزارش کرد که تیمار سوزاندن و برداشت کامل بقایا عملکرد دانه ذرت را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با کشت در درون بقایا کاهش داد. در حالت نگهداری بقایا میزان حفظ و نگهداری آب در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک، در سیستم بدون شخم ۲۴ درصد و در سیستم شخم با پنجه غازی ۱۴ درصد و در سیستم شخم با گاوآهن برگرداندار ۱۱ درصد گزارش شد (Linden *et al.,* 2000).

علی‌رغم افزایش فوری برخی عناصر غذایی خاک در اثر سوزاندن بقایای گیاهی، اکثر تحقیقات انجام‌شده حاکی از اثر نامطلوب این روش بر خصوصیاتی چون مواد آلی و قابلیت نفوذپذیری خاک است که در درازمدت پایداری تولید در اکوسیستم‌های زراعی را به خطر خواهد می‌اندازد (Jamshidian and Khajehpoor, 1999؛ Daddow and Warrington, 1983). گریفیت و همکاران (Griffith *et al.,* 1988) گزارش کردند که سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل در مقایسه با روش مرسوم خاک‌ورزی در شرایط تک‌کشتی ذرت سبب کاهش عملکرد ذرت در خاک‌هایی با بافت لومی رسی و رسی می‌شود. دورن و همکاران (Doren *et al.,* 1976) اثر شخم و تناوب زراعی را روی عملکرد ذرت بررسی و نتیجه گرفتند عملکرد ذرت در شرایط عدم خاک‌ورزی ۱۳٪ نسبت به شرایط شخم با گاوآهن برگرداندار کمتر بود، ولی در شرایطی که ذرت در تناوب بوده است روش‌های مختلف خاک‌ورزی تفاوتی از نظر عملکرد دانه نداشتند. لارسون و همکاران (Larson *et al.,* 1978) گزارش کردند که باقی‌ماندهٔ غلات ۴۰، ۱۰ و ۸۰ درصد عناصر

غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم را برای گیاه فراهم می‌کند. آندرساندر و همکاران (Undersander *et al.*, 1985) گزارش کردند که با افزایش میزان کلش گندم میزان آب ذخیره‌ای و زمان لازم برای خشک شدن خاک افزایش می‌یابد. البته بسته به زمان و فصل سال یا آب و هوا اثر کاه و کلش سطح مزرعه برای رشد غلات مفید یا مضر خواهد بود. رایمبولت و وین (Raimbault and Vyn, 1991) اثر تناوب زراعی و روش‌های مختلف خاک‌ورزی را روی ذرت مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند عملکرد دانه ذرت در شرایط خاک‌ورزی رایج نسبت به شرایط عدم خاک‌ورزی بیشتر بود. ددو و وارینگتون (Daddow and Warrington, 1983) گزارش کردند که با سوزاندن بقایای گندم افزایش سریعی در مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک مشاهده می‌شود و اثر فیتوتوکسیک بقایای گیاهی وجود ندارد، ضمناً تماس کافی بذرها با خاک سبب بهبود وضعیت سبز و استقرار گیاهچه‌ها می‌شود. کاسل و همکاران (Cassel *et al.*, 1995) در بررسی اثر مقادیر مختلف بقایای گیاهی روی ذخیره رطوبت و عملکرد ذرت، سورگوم و سویا در شرایط عدم خاک‌ورزی گزارش کردند که برداشت کامل بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول، عملکرد دانهٔ ذرت و سویا را به ترتیب به میزان ۲۲٪ و ۲۴٪ کاهش می‌دهد و این امر به کاهش ذخیره آب و افزایش درجهٔ حرارت خاک مربوط می‌شود.

در منطقه ارزوئیه کرمان گندم و کلزا به‌عنوان محصولات پاییزه در تناوب با ذرت هستند و مدیریت بقایای این دو گیاه برای به دست آوردن حداکثر عملکرد در زراعت ذرت و پایداری تولید ضروری است. از طرفی بررسی روش‌های کم‌خاک‌ورزی به دلیل صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش هزینه‌ها، و جلوگیری از فرسایش خاک بسیار با اهمیت است. با توجه به موارد فوق، این تحقیق با هدف بررسی تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و همچنین بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عکس‌العمل به دو روش خاک‌ورزی (مرسوم و حداقل) و تیمارهای مختلف بقایای محصول (گندم و کلزا) به مدت سه سال انجام شد.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش جداگانه در دو تناوب گندم - ذرت و کلزا – ذرت طی سه سال (۱۳۹۰-۱۳۸۸) در منطقه ارزوئیه واقع در ۲۷۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان محدوده جغرافیایی ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی با ارتفاع متوسط ۱۲۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. هر آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد که در آن تیمارهای خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح خاک‌ورزی مرسوم و

خاک‌ورزی حداقل و تیمارهای مدیریت بقایا به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح حفظ بقایا، جمع‌آوری بقایا و سوزاندن بقایا بود. زمین انتخاب شده برای اجرای طرح و محل پلات‌ها تا پایان زمان اجرای آزمایش ثابت بود. در اواخر پاییز هر سال گندم رقم چمران به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به صورت دو ردیفه در طرفین فاروهای ۶۵ سانتی‌متری و کلزا رقم هایولا به میزان ۸ کیلوگرم در هکتار در وسط ردیف‌های ۶۵ سانتی‌متری در قطعات جداگانه کاشته شدند. مراحل تیمار خاک‌ورزی مرسوم عبارت بود از آبیاری، شخم زمین با گاوآهن برگرداندار پس از شش روز، دیسک، کودپاشی، دیسک و ایجاد فارو و مراحل تیمار حداقل خاک‌ورزی شامل کودپاشی، کولتیواتورزنی بین فاروهای محصول قبل، آبیاری و کشت بر روی بستر محصول قبلی (گندم و کلزا). هر کرت اصلی شامل ۲۴ خط و هر کرت فرعی شامل ۸ خط با فواصل ۶۵ سانتی‌متر و طول ۱۲ متر بود. رقم مورد استفاده ذرت هیبرید سینگل‌کراس۷۰۴ بود که با توجه به تحقیقات انجام شده در ۲۵ تیرماه با تراکم ۸۵۴۷۰ بوته در هکتار (فواصل ۶۵×۱۸سانتی‌متر) کاشته شدند.

در تناوب گندم - ذرت در هر سه سال مقدار نیتروژن استفاده شده در کشت ذرت بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی موسسه تحقیقات خاک و آب از منبع کود اوره ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار و مقدار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات تریپل در سال اول، دوم و سوم به ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. در تناوب کلزا – ذرت در هر سه سال مقدار نیتروژن استفاده شده از منبع کود اوره برای ذرت ۱۶۱ کیلوگرم در هکتار و مقدار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات تریپل در سال اول، دوم و سوم به ترتیب ۴۰، ۳۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار حفظ بقایا، علاوه بر مقدار نیتروژن توصیه شده با احتساب ۵/۵ تن بقایای گندم و ۲/۹ تن بقایای کلزا در هکتار و ضریب تثبیت نیتروژن توسط بقایا معادل ۱٪ وزن بقایای گیاهی، مقدار نیتروژن لازم محاسبه و همزمان با کودپاشی به تیمار حفظ بقایای گندم اضافه شد (Lal *et al.*, 1995). مقدار کود نیتروژن از منبع کود اوره برای کشت گندم و کلزا به ترتیب ۱۱۵ و ۱۲۶/۵ کیلوگرم در هکتار و مقدار P_2O_5 از منبع سوپرفسفات تریپل برای گندم و کلزا نیز به ترتیب ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار بود.

برای تعیین عملکرد دانه در مرحله رسیدن فیزیولوژیک ذرت، پس از حذف خطوط حاشیه، بلال‌های دو خط وسط در سطحی معادل ۴/۸ مترمربع برداشت و عملکرد دانه بر مبنای تن در هکتار و بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. اندازه‌گیری ارتفاع بوته در هشت بوته تصادفی، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال با استفاده از هشت بلال تصادفی و وزن هزار دانه با استفاده از دو نمونه ۲۵۰ عددی انجام شد. برای اندازه گیری محتوی رطوبتی

خاک یک روز قبل از آبیاری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری انجام شد و پس از تعیین وزن تر و خشک نمونه‌ها، درصد رطوبت خاک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Johnson, 1962):

۱۰۰× (وزن خاک خشک / (وزن خاک خشک- وزن خاک مرطوب)) = درصد رطوبت خاک

پتاسیم قابل جذب خاک با استفاده از استات آمونیوم عصاره‌گیری شد و با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مورد سنجش قرار گرفت (Anonymous, 1990). فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن (Olsen *et al., 1954*) و نیتروژن دانه با استفاده از روش کجدال توسط دستگاه کجل تک اندازه‌گیری شد (Sparks, 1996). هم‌چنین از ضرب کردن مقدار نیتروژن کل در ضریب ۶/۲۵ مقدار پروتئین خام (Crude protein) در دانه محاسبه شد (Anonymous, 1990). محتوی فسفر دانه به روش کالریمتری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۸۰ نانومتر و محتوی پتاسیم دانه با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر در طول موج ۷۶۶/۵ مورد سنجش قرار گرفت (Anonymous,1990).

آمار و ارقام جمع‌آوری شده برای هر آزمایش جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS.9.2 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. برای مقایسه میانگین اثرهای اصلی از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) و برای اثرهای متقابل از میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) استفاده شد. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excell انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

میانگین عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر مدیریت بقایای گندم در دو شرایط خاک‌ورزی مرسوم و حداقل در سه سال در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر سه سال تیمار نگهداری بقایای گندم در مقایسه با دو تیمار دیگر در هر دو شرایط خاک‌ورزی از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بود. در بررسی تأثیر خاک‌ورزی بر عملکرد دانه ذرت ملاحظه شد که تیمار خاک‌ورزی مرسوم در دو سال اول به‌طور معنی‌داری نسبت به خاک‌ورزی حداقل از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود، اما در سال سوم تفاوت معنی‌داری بین دو روش خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد (جدول ۲). در بررسی مدیریت بقایای کلزا در دو شرایط خاک‌ورزی مشخص شد که تیمار حفظ بقایا در شرایط خاک‌ورزی مرسوم با

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی متر) مزرعه محل آزمایش

Table 1. Results of the physical and chemical properties of soil (0-30 cm depth) of experimental site

Year	سال	Soil texture	بافت خاک	رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه‌ای F.C (%)	رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی دائم P.W.P (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density (gcm^{-3})	کربن آلی O.C (%)	فسفر P ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم K ($mgkg^{-1}$)	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dSm^{-1})
2009	۱۳۸۸	Clay loam	لومی رسی	21.8	10.6	1.42	0.48	10.2	198	7.9	2.8
2010	۱۳۸۹	Clay loam	لومی رسی	-	-	-	0.45	11.0	219	7.8	2.6
2011	۱۳۹۰	Clay loam	لومی رسی	-	-	-	0.50	11.6	208	7.8	2.9

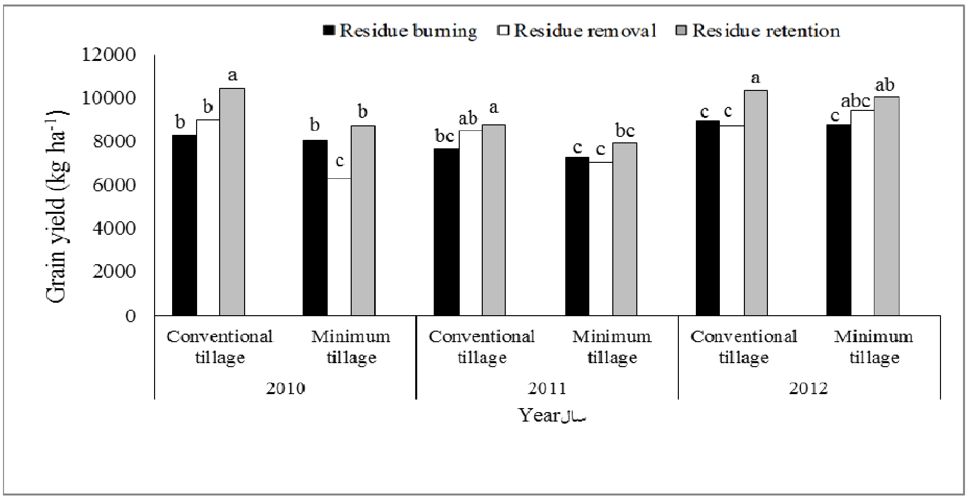
جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه و ارتفاع بوته ذرت تحت تاثیر روش‌های خاک‌ورزی مرسوم و حداقل در سه سال آزمایش (۱۳۹۰-۱۳۸۸)

Table 2. Mean comparison of grain yield and plant height of maize as affected by minimum and conventional tillage methods in three years (2009-2011)

				کشت ذرت در بستر گندم Maize planting in wheat bed		کشت ذرت در بستر کلزا Canola planting in wheat bed	
Year	سال	Tillage methods	خاک‌ورزی	عملکرد دانه Grain yield ($kgha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد دانه Grain yield ($kgha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
2009	۱۳۸۸	Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	9229.16a	219.40a	7899.7a	211.90a
		Minimum tillage	خاک‌ورزی حداقل	7695.50b	195.60b	6686.6b	194.00b
2010	۱۳۸۹	Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	8314.08a	216.25a	10394.9a	200.16a
		Minimum tillage	خاک‌ورزی حداقل	7379.16b	201.91b	8888.8b	186.20b
2011	۱۳۹۰	Conventional tillage	خاک‌ورزی مرسوم	9317.16a	177.41a	8244.7a	207.40a
		Minimum tillage	خاک‌ورزی حداقل	9402.80a	182.00a	7140.3b	195.83b

میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون و برای هر سال، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with the same letters in each column within each year are not significantly different at 5% level of probability.



شکل ۱- تغییرات عملکرد دانه ذرت تحت تاثیر مدیریت بقایای گندم در دو شرایط خاک‌ورزی مرسوم و حداقل در سه سال (۱۳۹۰-۱۳۸۸)

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) با حروف مشابه در هر سال در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Fig. 1. Changes in grain yield of maize as affected by wheat residue management and tillage methods (conventional and minimum) in three years (2009-2011)

Means with similar letters within each year are not significantly different (LSMEANS, P≤0.05).

تولید ۹۸۴۱/۳ کیلوگرم دانه ذرت در هکتار از بیشترین عملکرد برخوردار بود. در مقایسه بین تیمارهای مدیریت بقایای کلزا در شرایط حداقل خاک‌ورزی نیز تیمار حفظ بقایا با تولید ۸۸۸۶ کیلوگرم دانه در هکتار از بیشترین عملکرد برخوردار بود (جدول ۳). در مطالعات زیادی که بقایا در سطح خاک حفظ شده‌اند افزایش عملکرد دانه ذرت عمدتاً به‌واسطه نقش بقایا در تعدیل دمای خاک به خصوص در فصول گرم، حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک گزارش شده است (Wilhelm *et al.*, 2004؛ Limon-Ortega, 2002؛ Sayer *et al.*, 2001؛ Zhang *et al.*, 2009). همچنین کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط جمع‌آوری بقایا نشان داده شده است (Bohrani, 1998). در آزمایشی حفظ بقایای کلزا در سطح خاک در مقایسه با جمع‌آوری بقایا به افزایش عملکرد پنبه منجر شد (Balkon *et al.*, 2006).

در این مطالعه محتوی رطوبت خاک در تیمار نگهداری بقایای گندم و کلزا به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای سوزاندن و جمع‌آوری بقایا بود (جدول‌های ۴ و ۵). لذا با توجه به اجرای آزمایش مذکور در شرایط کشت دوم منطقه ارزوئیه و گرمی هوا در طول فصل رشد ذرت و به خصوص در ماه‌های مرداد لغایت مهرماه که منجر به تبخیر زیاد رطوبت از سطح خاک می‌شود و هم‌چنین دور آبیاری یازده روز در آزمایش، بیشتر بودن عملکرد دانه

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات ذرت و خاک تحت تأثیر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای کلزا

Table 3. Mean comparison of some traits of maize and soil as affected by tillage methods and canola residue management

روش خاک‌ورزی Tillage methods	مدیریت بقایای کلزا Canola residue managment	عملکرد دانه ذرت Maize grain yield ($kgha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در بلال Number grain per ear	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	پتاسیم قابل جذب خاک Potassium uptake ($mgkg^{-1}$)	فسفر قابل جذب خاک Phosphorus uptake ($mgkg^{-1}$)	کربن آلی O.C (%)	رطوبت خاک در مرحله هشت برگی Soil moisture in 8th leaf stage (%)	رطوبت خاک در مرحله ظهور کاکل Soil moisture in silking stage (%)
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	سوزاندن بقایا Residue burning	8287.3bc	200.25b	618.25b	301.00abc	158.75ab	13.03a	0.4007b	11.90d	12.50c
	جمع‌آوری بقایا Residue removal	8731.7b	200.08b	603.81b	302.83ab	146.66d	12.35bcd	0.41b	12.13d	12.80c
	حفظ بقایا Residue retention	9841.3a	212.75a	692.11a	308.50a	149.50cd	12.16cd	0.45a	13.10b	13.50b
خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage	سوزاندن بقایا Residue burning	8011.2cd	192.33c	584.60b	288.33d	161.25a	13.00ab	0.39b	12.40cd	13.46b
	جمع‌آوری بقایا Residue removal	7579.9d	191.16c	599.03b	290.33cd	145.33d	11.79d	0.40b	12.87bc	13.45b
	حفظ بقایا Residue retention	8886.3b	196.08bc	610.75b	296.41bcd	153.50bc	12.50abc	0.47a	14.30a	14.62a

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) دارای حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different (LSMEANS, $P \leq 0.05$).

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات ذرت تحت تأثیر سال، روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای کلزا

Table 4. Mean comparison of some traits of maize as affected by year, tillage methods and canola residue management

تیمارها Treatments	عملکرد دانه ذرت Maize grain yield ($kgha^{-1}$)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد دانه در ردیف Number grain per row	تعداد دانه در بلال Number grain per ear	کربن آلی O.C (%)	پروتئین دانه Grain protein (%)	رطوبت خاک در مرحله ظهور کاکل Soil moisture in silking stage (%)	رطوبت خاک در مرحله هشت برگی Soil moisture in 8th leaf stage (%)
Year سال								
2009 ۱۳۸۸	7293.2b	202.95a	38.50a	566.1b	0.415a	8.55a	11.35b	12.35ab
2010 ۱۳۸۹	9641.9a	193.20a	41.16a	625.2a	0.41a	8.60a	11.49b	11.86b
2011 ۱۳۹۰	7692.5b	201.62a	38.54a	560.2b	0.44a	8.66a	12.3a	12.70a
خاک‌ورزی Tillage methods								
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	8846.0a	206.50a	41.54a	621.9a	0.42a	8.33b	11.25b	11.90b
خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage	7571.9b	192.02b	37.26b	545.8b	0.42a	8.91a	12.23a	12.70a
مدیریت بقایای کلزا Canola residue managment								
سوزاندن بقایا Residue burning	7970.9b	195.83b	39.83a	587.8a	0.40b	8.68a	11.34b	12.02a
جمع‌آوری بقایا Residue removal	7989.0b	196.4b0	38.58a	570.1a	0.40b	8.67a	11.54b	12.40a
حفظ بقایا Residue retention	8667.7a	205.50a	39.79a	593.6a	0.46a	8.47a	12.33a	12.57a

میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different (DMRT, P≤0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات ذرت تحت تأثیر سال، روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گندم

Table 5. Mean comparison of some traits of maize as affected by year, tillage methods and wheat residue management

تیمارها Treatments	پروتئین دانه Grain protein (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	تعداد ردیف در بلال Number row per ear	تعداد دانه در ردیف Number grain per row	تعداد دانه در بلال Number grain per ear	رطوبت خاک در مرحله هشت برگی Soil moisture in 8th leaf stage (%)	پتاسیم قابل جذب خاک Potassium uptake ($mgkg^{-1}$)
Year **سال**								
2009 ۱۳۸۸	8.86a	207.54a	297.58a	15.15a	40.0b	605.9a	12.73a	153.33a
2010 ۱۳۸۹	9.12a	209.08a	292.58a	14.83a	41.5ab	617.0a	12.95a	151.87a
2011 ۱۳۹۰	8.90a	179.70b	303.54a	14.90a	42.3a	631.3a	12.72a	154.20a
خاک‌ورزی **Tillage methods**								
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	8.72b	204.30a	304.10a	14.96a	42.6a	638.0a	12.39b	153.00a
خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage	9.22a	193.19b	291.69b	14.90a	39.9b	598.1b	13.21a	153.20a
مدیریت بقایای گندم **Wheat residue managment**								
سوزاندن بقایا Residue burning	9.04a	196.29b	294.66a	14.70b	40.8b	601.4b	12.17b	161.75a
جمع‌آوری بقایا Residue removal	8.81a	195.62b	296.58a	15.14a	39.7b	601.4b	12.50b	148b
حفظ بقایا Residue retention	9.06a	204.41a	302.45a	15.03a	43.2a	651.4a	13.73a	149.70b

میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different (DMRT, P≤0.05).

ذرت در شرایط حفظ بقایا را می‌توان عمدتاً به نقش مفید بقایا در کاهش تلفات تبخیر از خاک مربوط دانست. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال (جدول ۶) و تأثیر معنی‌دار تیمار نگهداری بقایا در افزایش ارتفاع بوته و تعداد دانه در بلال می‌توان اظهار کرد که تیمار حفظ بقایا عمدتاً از طریق ذخیره رطوبت در خاک توانسته با بهبود رشد رویشی و اجزای عملکرد دانه منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت شود (جدول‌های ۴ و ۵).

عملیات خاک‌ورزی از طریق افزایش یا کاهش تراکم خاک، دمای خاک، محتوی رطوبت خاک، عمق و توسعه ریشه‌های گیاه و توزیع یکنواخت عناصر غذایی در پروفیل خاک رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Raimbault and Vyn, 1991). در این تحقیق، افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط خاک‌ورزی مرسوم ناشی از برتری رشد رویشی و اجزای عملکرد دانه ذرت در این شرایط در مقایسه با خاک‌ورزی حداقل بود (جدول‌های ۴ و ۵).

در تناوب گندم - ذرت، وزن هزار دانه ذرت در تیمار خاک‌ورزی مرسوم نسبت به خاک‌ورزی حداقل ۴/۱ درصد بیشتر بود اما بین تیمارهای مختلف مدیریت بقایای گندم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). در بررسی برهمکنش خاک‌ورزی در مدیریت بقایای کلزا تیمار حفظ بقایا در شرایط خاک‌ورزی مرسوم با وزن هزار دانه ۳۰۸/۵ از بیشترین و تیمار سوزاندن بقایا در شرایط حداقل خاک‌ورزی با وزن هزار دانه ۲۸۸/۳ از کمترین مقدار برخوردار بود (جدول ۳). در تناوب گندم - ذرت، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال ذرت در تیمار خاک‌ورزی مرسوم نسبت به تیمار حداقل خاک‌ورزی بیشتر بود (جدول ۵). تیمار حفظ بقایای گندم در مقایسه با سایر تیمارهای بقایا در هر سه سال از بیشترین تعداد دانه در بلال برخوردار بود (شکل ۲). در تناوب کلزا- ذرت، بررسی برهمکنش خاک‌ورزی و مدیریت بقایای کلزا نشان داد که در شرایط خاک‌ورزی مرسوم تعداد دانه در بلال ذرت به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط خاک‌ورزی حداقل بود ولی بین تیمارهای مدیریت بقایا در دو شرایط خاک‌ورزی تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۳).

در تحقیقی توسط بحرانی (Bohrani, 1998) با افزایش میزان بقایای گندم در خاک عملکرد دانه ذرت و وزن هزار دانه آن افزایش معنی‌داری داشته است، به‌نحوی که تیمار حفظ کامل بقایا از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه (جدول ۶) و نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اظهار کرد که تیمار خاک‌ورزی مرسوم و نگهداری بقایا از طریق افزایش اجزای عملکرد دانه (وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال) منجر به افزایش عملکرد دانه شده‌اند. تأثیر مثبت خاک‌ورزی

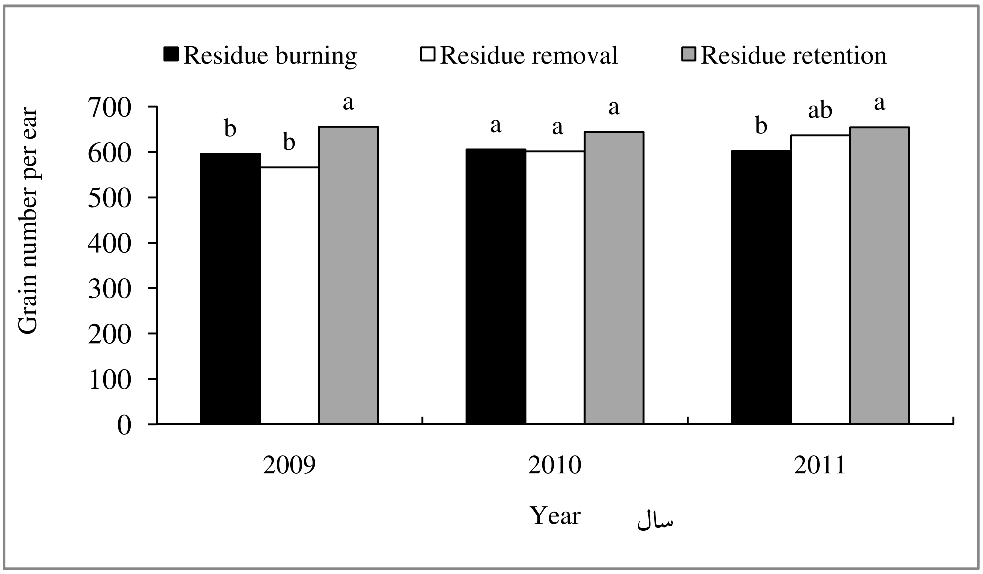
جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده صفات زراعی ذرت به‌صورت جداگانه در هر آزمایش

Table 6. Simple correlation coefficients between agronomic traits in each experiment separately

صفات ذرت در آزمایش کشت شده در بستر کلزا Traits of maize planted in canola bed	عملکرد دانه Grain yield (1)	ارتفاع بوته Plant height (2)	وزن هزار دانه 1000 grain weight (3)	تعداد ردیف در بلال Number row per ear (4)	تعداد دانه در ردیف Number grain per row (5)	تعداد دانه در بلال Number grain per ear (6)	صفات ذرت در آزمایش کشت شده در بستر گندم Traits of maize planted in wheat bed
1		0.90^{**}	0.84^{*}	0.07	0.91^{*}	0.84^{*}	1
2	0.98^{**}		0.93^{**}	0.21	0.96^{**}	0.93^{**}	2
3	0.90^{**}	0.90^{**}		0.13	0.85^{*}	0.81^{*}	3
4	0.37	0.42	0.23		0.13	0.44	4
5	0.90^{**}	0.87^{*}	0.97^{**}	0.39		0.94^{**}	5
6	0.93^{**}	0.90^{**}	0.97^{**}	0.42	0.91^{**}		6

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد.

* and **: Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.



شکل ۲- تغییرات تعداد دانه در بلال ذرت تحت تاثیر مدیریت بقایای گندم در سه سال

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) با حروف مشابه در هر سال در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Fig. 2. Changes in grain number per ear of maize as affected by wheat residue management in three years

Means with similar letters within each year are not significantly different (LSMEANS, P≤0.05).

مرسوم در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت از طریق بهبود شرایط تهویه‌ای خاک و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه در مقایسه با خاک‌ورزی حداقل در تحقیقات متعددی بیان شده است. همچنین تأثیر مفید کاربرد بقایا در خاک در بهبود رشد رویشی و اجزای عملکرد دانه ذرت به خصوص در شرایط کشت تابستانه ذرت در تحقیقات متعددی بیان شده است (Najafinezhad *et al.*, 2005؛ Jamshidian and Khajehpoor, 1999).

ارتفاع بوته

در تناوب گندم - ذرت مشخص شد که در دو سال اول تحقیق تیمار حداقل خاک‌ورزی از ارتفاع بوته کمتری نسبت به خاک‌ورزی مرسوم برخوردار بود ولی در سال سوم بین دو تیمار خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). در تناوب گندم - ذرت عدم تفاوت معنی‌دار بین دو روش خاک‌ورزی در سال سوم را می‌توان به اثر مفید و تجمعی بقایا و به خصوص بقایای ریشه گندم در سه سال در خاک مربوط دانست که توانسته‌اند با بهبود شرایط تهویه‌ای خاک، افزایش نفوذپذیری آب در خاک و بهبود رشد و توسعه ریشه‌ها تأثیری مشابه شرایط خاک‌ورزی مرسوم در خاک ایفا کنند (Wilhelm *et al.*, 2004). در مقایسه بین تیمارهای مدیریت بقایای گندم، تیمار حفظ

بقایا از بیشترین ارتفاع بوته برخوردار بود (جدول ۵).

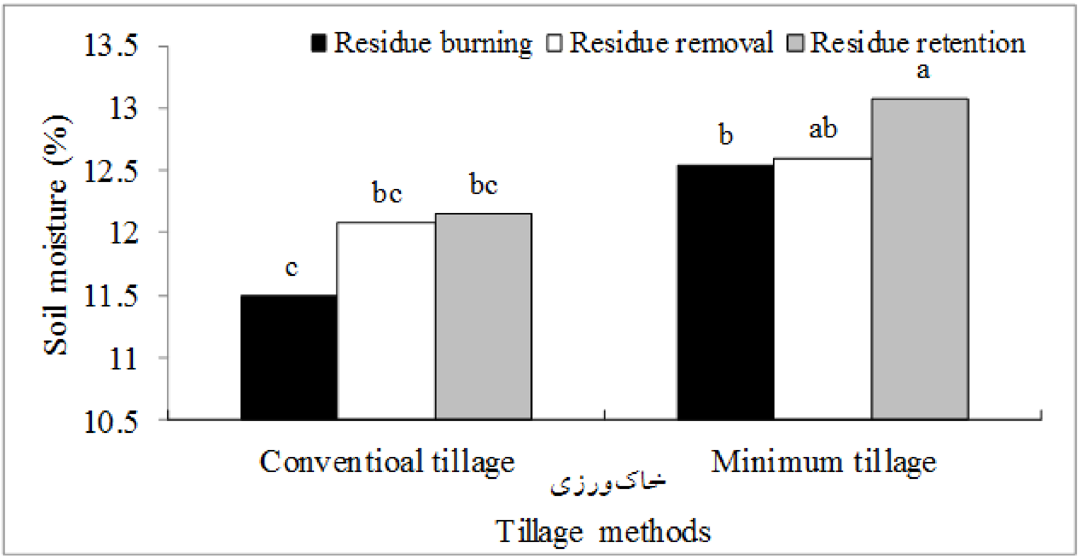
در بررسی ارتفاع بوته ذرت تحت تأثیر برهمکنش خاک‌ورزی در مدیریت بقایای کلزا مشخص شد که تیمار حفظ بقایا در شرایط خاک‌ورزی مرسوم با ارتفاع بوته ۲۱۲/۷ سانتی‌متر نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری داشت. همچنین در هر دو روش خاک‌ورزی تیمار حفظ بقایا نسبت به تیمارهای جمع‌آوری و سوزاندن بقایا برتری داشت (جدول ۳). با توجه به شرایط آزمایش مذکور و رشد رویشی ذرت طی ماه‌های مرداد و شهریور در منطقه گرم ارزوئیه که میانگین روزانه دما بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد است می‌توان اظهار کرد که نگهداری بقایا در خاک با حفظ رطوبت خاک و تأمین رطوبت مناسب برای رشد ذرت توانسته با بهبود رشد رویشی به افزایش ارتفاع بوته منجر شود.

در تناوب کلزا - ذرت در هر سه سال ارتفاع بوته ذرت در خاک‌ورزی حداقل کمتر از خاک‌ورزی مرسوم بود (جدول ۲). خاک‌ورزی مرسوم (خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار) احتمالاً از طریق کاهش تراکم و بهبود شرایط تهویه‌ای خاک به‌خصوص در ابتدای فصل رشد و توزیع یکنواخت‌تر عناصر غذایی در پروفیل خاک نقش مؤثرتری در افزایش ارتفاع بوته داشته است. برخی از محققان رشد اندام‌های هوایی را تابعی از رشد ریشه‌ها دانسته و معتقدند با افزایش عمق عملیات خاک‌ورزی به دلیل رشد و توسعه بهتر ریشه‌ها و شرایط مناسب تهویه‌ای در خاک رشد رویشی گیاه بهبود پیدا می‌کند (Cassel *et al.*, 1995؛ Nesmith *et al.*, 1987).

محتوی رطوبت خاک

در ذرت کشت شده در بستر گندم رطوبت خاک در مرحله هشت برگی ذرت در تیمار خاک‌ورزی حداقل به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. همچنین رطوبت خاک در تیمار حفظ بقایا به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار سوزاندن و جمع‌آوری بقایا بود (جدول ۵). در مرحله ظهور کاکل تیمار حفظ بقایا در هر دو شرایط خاک‌ورزی از محتوی رطوبت خاک بیشتری نسبت به تیمارهای سوزاندن و جمع‌آوری بقایا برخوردار بود، همچنین تیمار مذکور در شرایط حداقل خاک‌ورزی از بیشترین محتوی رطوبت خاک برخوردار بود (شکل ۳).

در ذرت کشت شده در بستر کلزا در مرحله ظهور کاکل محتوی رطوبت خاک تحت تأثیر نوع خاک‌ورزی قرار گرفت به‌نحوی‌که خاک‌ورزی حداقل از رطوبت ذخیره شده بیشتری در خاک برخوردار بود (جدول ۴). در مرحله هشت برگی ذرت تیمار حفظ بقایای کلزا در هر دو شرایط خاک‌ورزی از محتوی رطوبت خاک بیشتری نسبت به تیمارهای سوزاندن و جمع‌آوری بقایا برخوردار بود (جدول ۳). در تحقیقی توسط لیندن و همکاران



شکل ۳- تغییرات رطوبت خاک تحت تاثیر مدیریت بقایای گندم
در دو شرایط خاک‌ورزی (مرسوم و حداقل)

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Fig. 3. Changes in soil moisture content as affected by wheat residue management in two tillage methods (minimum and conventional)

Means with similar letters are not significantly different (LSMEANS, P≤0.05).

(Linden *et al.*, 2000) بیان شد که وجود بقایا در سطح خاک در سیستم حداقل خاک‌ورزی نقش مهمی در افزایش ذخیره رطوبت خاک و کاهش تبخیر از سطح خاک دارد.

پروتئین دانه

در هر دو تناوب محتوی پروتئین دانه ذرت تحت تأثیر مدیریت بقایای گیاهی قرار نگرفت اما پروتئین دانه در شرایط خاک‌ورزی حداقل بیشتر از مرسوم بود (جدول‌های ۴ و ۵). همبستگی منفی بین پروتئین دانه و عملکرد دانه در تحقیقات متعددی بیان شده است (Najafinezhad *et al.*, 2007؛ Motamer, 1997). با توجه به نقش مؤثر عنصر نیتروژن در افزایش میزان پروتئین دانه به خصوص در اواخر فصل رشد و مصرف یکسان کود نیتروژن در هر دو شرایط خاک‌ورزی به نظر می‌رسد به دلیل عملکرد دانه کمتر در تیمار خاک‌ورزی حداقل، غلظت پروتئین در دانه گیاه افزایش یافته و از رقیق شدن نیتروژن در دانه کاسته شده است. سایر محققان نیز اظهار کرده‌اند در شرایطی که تولید ماده خشک کاهش یابد از رقیق شدن نیتروژن در بافت گیاه کاسته شده و در نتیجه غلظت نیتروژن در بافت گیاه افزایش می‌یابد

Osuagwu and Edeoga 2012؛ Tanguilig *et al.*, 1987).

ماده آلی خاک

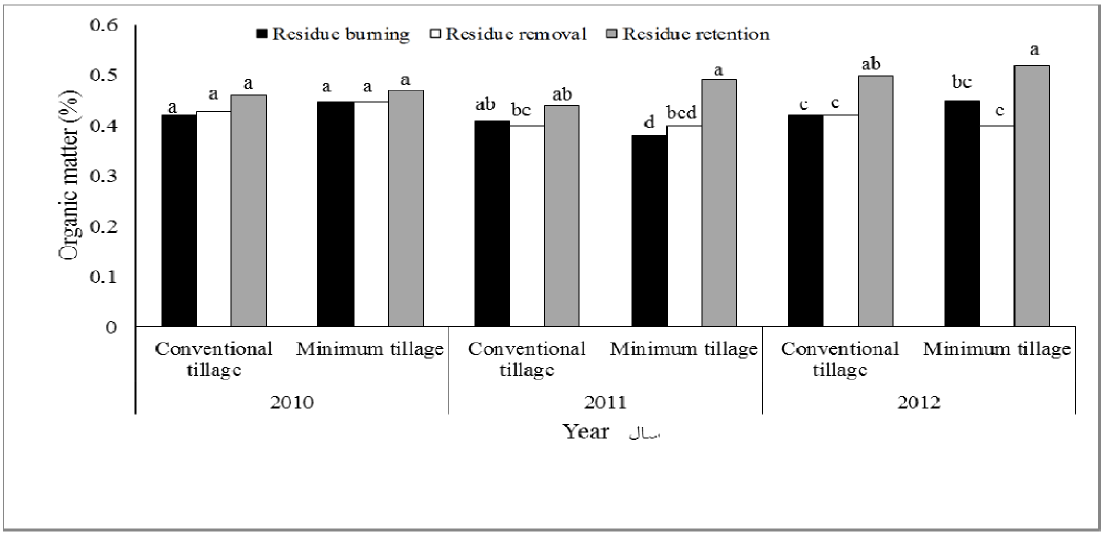
در سال اول اگر چه تیمار حفظ بقایا به مقدار اندکی از درصد ماده آلی بیشتری برخوردار بود اما در هر دو شرایط خاک‌ورزی بین تیمارهای مختلف مدیریت بقایای گندم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴). در شرایط خاک‌ورزی حداقل در سال دوم و سوم تیمار حفظ بقایا از نظر درصد ماده آلی خاک به‌طور معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر (جمع‌آوری و سوزاندن بقایا) برتری داشت (شکل ۴). در بررسی روند کلی در سه سال مشخص شد که تیمار حفظ بقایا منجر به افزایش درصد ماده آلی خاک شده و در سال سوم و در شرایط خاک‌ورزی حداقل بیشترین درصد ماده آلی خاک به دست آمد. مقایسه میانگین درصد ماده آلی خاک (جدول ۳) نشان داد که درصد ماده آلی خاک در تیمار حفظ بقایای کلزا و در هر دو شرایط خاک‌ورزی از بیشترین مقدار برخوردار بود درحالی‌که سایر تیمارها در هر دو شرایط خاک‌ورزی در یک گروه قرار گرفته و تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند. بقایای گیاهی منشأ اصلی مواد آلی خاک هستند و نقش اساسی را در پویائی ماده آلی خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیکی خاک دارند (Galantini *et al.*, 1992).

برتری تیمار نگهداری بقایا نسبت به سایر تیمارها و به خصوص در شرایط حداقل خاک‌ورزی را می‌توان به پوسیدن حجم زیادی از بقایای گیاهی تا عمق محدود اختلاط و نتیجتاً تجمع مادهٔ آلی در لایهٔ سطحی خاک طی سه سال مربوط دانست. افزایش میزان ماده آلی خاک در تیمار نگهداری بقایا در پایان فصل رشد و در سیستم حداقل خاک‌ورزی توسط محققین دیگری گزارش شده که با نتیجه حاصل از این بررسی مطابقت دارد (Jamshidian and Khajehpoor, 1999).

فسفر قابل جذب خاک

در هر سه سال مطالعه مقدار فسفر قابل جذب خاک در شرایط خاک‌ورزی مرسوم و در تیمار سوزاندن بقایای گندم بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۵). در شرایط خاک‌ورزی حداقل نیز در هر سه سال مطالعه اگرچه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مدیریت بقایا مشاهده نشد ولی محتوی فسفر قابل جذب خاک در تیمار سوزاندن بقایا نسبت به دو تیمار دیگر از مقدار بیشتری برخوردار بود (شکل ۵).

در سال اول تفاوت معنی‌داری در مقدار فسفر قابل جذب خاک بین تیمارهای مختلف مدیریت بقایای کلزا مشاهده نشد. در سال دوم تیمار سوزاندن بقایای کلزا نسبت به تیمار جمع‌آوری بقایا برتری معنی‌داری داشت ولی در سال سوم تیمارهای سوزاندن و حفظ بقایا در یک گروه قرار گرفته و نسبت به تیمار



شکل ۴- تغییرات ماده آلی خاک تحت تاثیر مدیریت بقایای گندم در دو شرایط خاک‌ورزی مرسوم و حداقل در سه سال (۱۳۹۰-۱۳۸۸)

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) با حروف مشابه در هر سال در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Fig 4. Changes in soil organic matter as affected by wheat residue management and conventional and minimum tillage methods in three years (2009-2011)

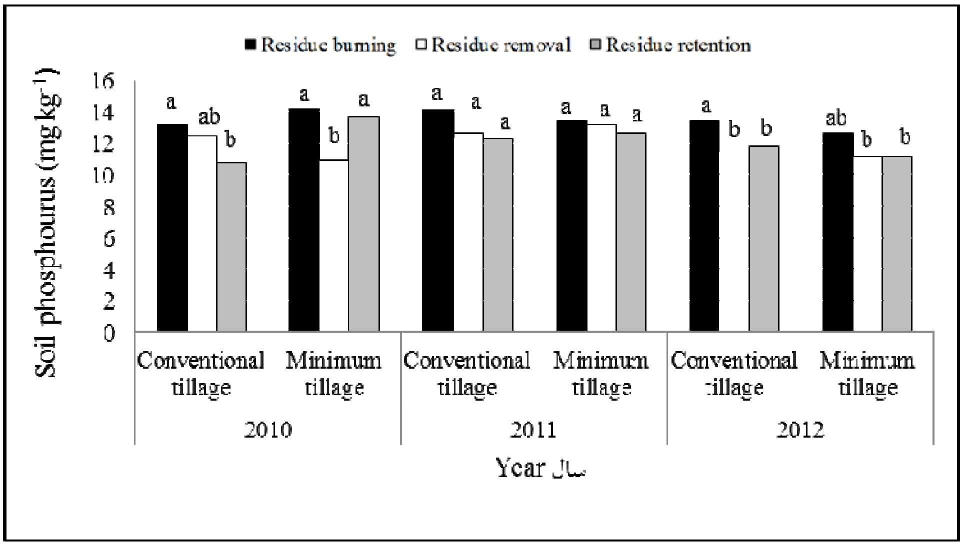
Means with similar letters within each year are not significantly different (LSMEANS, P≤0.05).

جمع‌آوری بقایا برتری داشتند (شکل ۶). در شرایط خاک‌ورزی مرسوم تیمار سوزاندن بقایای کلزا از بیشترین فسفر قابل جذب در خاک برخوردار بود ولی در شرایط خاک‌ورزی حداقل تیمار سوزاندن و حفظ بقایا در یک گروه قرار گرفته و نسبت به تیمار جمع‌آوری بقایا برتر بودند (جدول ۳). مقدار بقایای کلزا در سال اول مطالعه ۲/۴، در سال دوم ۳/۵ و در سال سوم ۳/۲ تن در هکتار بود. با توجه به ثابت بودن محل کرت‌های آزمایش طی سه سال مطالعه، افزایش مقدار فسفر قابل جذب خاک در سال سوم در تیمار نگهداری بقایا را می‌توان به اثر تجمعی بقایا در طی سه سال مربوط دانست که از طریق تجزیه بقایا و معدنی شدن تدریجی فسفر آلی خاک حاصل شده است. افزایش مقدار فسفر قابل جذب خاک در تیمار سوزاندن بقایا را می‌توان به معدنی شدن سریع‌تر فسفر آلی خاک که در اثر سوزاندن اتفاق افتاده است مربوط دانست.

جمشیدیان و خواجه‌پور (Jamshidian and Khajehpoor, 1999) گزارش کردند با سوزاندن بقایای گندم افزایش سریعی در مقدار فسفر خاک مشاهده می‌شود که با نتیجه این بررسی مطابقت دارد.

پتاسیم قابل جذب خاک

در تناوب گندم- ذرت تیمار سوزاندن بقایای گندم از بیشترین پتاسیم قابل جذب در



شکل ۵- تغییرات فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر مدیریت بقایای گندم در دو شرایط خاک‌ورزی مرسوم و حداقل در سه سال (۱۳۹۰-۱۳۸۸)

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) با حروف مشابه در هر سال در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

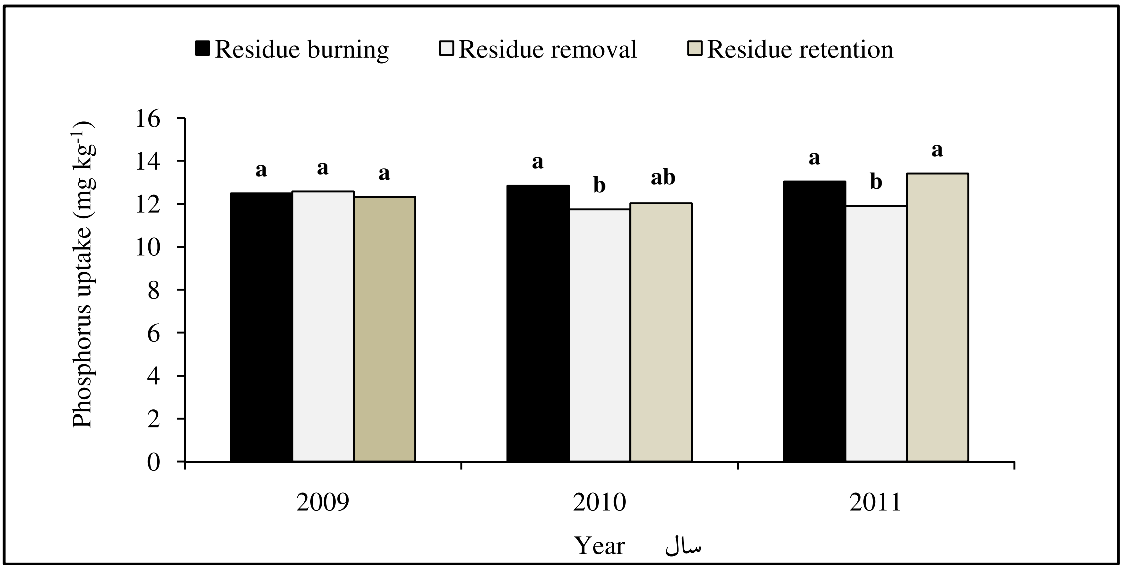
Fig. 5. Changes in phosphorus uptake in soil as affected by wheat residue management and conventional and minimum tillage methods in three years (2009-2011)

Means with similar letters within each year are not significantly different (LSMEANS, P≤0.05).

خاک برخوردار بود ولی بین دو تیمار جمع‌آوری و نگهداری بقایا تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

در تناوب کلزا- ذرت تیمارهای سوزاندن بقایای کلزا و جمع‌آوری بقایا در هر دو شرایط خاک‌ورزی به ترتیب از بیشترین و کمترین پتاسیم قابل جذب در خاک برخوردار بودند (جدول ۳). افزایش مقدار پتاسیم در تیمار سوزاندن بقایا را می‌توان به معدنی شدن سریع پتاسیم که در اثر سوزاندن اتفاق افتاده است نسبت داد (Sparks, 1987). بیشتر بودن مقدار پتاسیم قابل جذب خاک در تیمار سوزاندن بقایا در مقایسه با تیمار حفظ بقایا توسط محققین دیگری گزارش شده که با نتیجه حاصل از این بررسی مطابقت دارد (Najafinezhad *et al.*, 2005؛ Jamshidian and Khajehpoor, 1999).

در مجموع نتایج سه ساله این تحقیق نشان داد که در هر دو تناوب به دلیل کاشت تابستانه ذرت و تبخیر رطوبت زیاد از سطح خاک، تیمار نگهداری بقایا عمدتاً از طریق حفظ و نگهداری رطوبت بیشتر در خاک، عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمارهای جمع‌آوری و سوزاندن بقایا داشت (جدول‌های ۴ و ۵). تیمار خاک‌ورزی مرسوم با افزایش ارتفاع بوته و اجزای عملکرد دانه توانست عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با



شکل ۶- تغییرات فسفر قابل جذب خاک تحت تاثیر مدیریت بقایای کلزا در سه سال

میانگین‌های کمترین مربعات (LSMEANS) با حروف مشابه در هر سال در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Fig. 6. Changes in phosphorus uptake in soil as affected by canola residue management in three years

Means with similar letters within each year are not significantly different (LSMEANS, P≤0.05).

خاک‌ورزی حداقل تولید کند (جدول‌های ۴ و ۵). عملیات خاک‌ورزی از طریق افزایش یا کاهش تراکم خاک، دمای خاک، محتوی رطوبت خاک، عمق و توسعه ریشه‌های گیاه و توزیع یکنواخت عناصر غذایی در پروفیل خاک رشد و عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Raimbault and Vyn, 1991)، بنابراین به نظر می‌رسد در شرایط حداقل خاک‌ورزی به دلیل افزایش تراکم خاکدانه‌ها و اختلال در توسعه ریشه‌های گیاه رشد رویشی گیاه تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه عملکرد دانه کاهش یافته است. در آزمایش زیر کشت گندم رطوبت خاک در تیمار نگهداری بقایا در مقایسه با تیمارهای سوزاندن و جمع‌آوری بقایا دارای مقدار بیشتری بود، همچنین در مقایسه بین دو روش خاک‌ورزی نیز تیمار حداقل خاک‌ورزی نسبت به مرسوم از محتوی رطوبت بیشتری در خاک برخوردار بود (جدول۵).

در ذرت کشت شده در بستر گندم (تناوب گندم - ذرت) در بررسی روند کلی در سه سال، تیمار حفظ بقایا منجر به افزایش درصد ماده آلی خاک شد و در سال سوم و در شرایط خاک‌ورزی حداقل بیشترین درصد ماده آلی خاک به‌دست آمد (شکل ۲). بیشتر بودن مقدار ماده آلی خاک در تیمار نگهداری بقایا و در هر دو تیمار خاک‌ورزی (مرسوم و حداقل) در آزمایش کشت شده در بستر کلزا نیز مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از این

پژوهش علیرغم تاثیر مثبت حفظ بقایای گیاهی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت و همچنین بهبود برخی خصوصیات خاک (افزایش ماده آلی و حفظ رطوبت خاک) می‌توان اظهار کرد که با توجه به کمبود مواد آلی خاک در منطقه (کمتر از ۰/۵ درصد) و خاک‌ورزی‌های سنگین انجام شده در گذشته، دستیابی به اثر مطلوب شرایط حداقل خاک‌ورزی و مدیریت مناسب بقایا بایستی در دوره طولانی مدت حداقل پنج سال انجام شود.

References

Anonymous 1990. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 15th ed., Washington DC, USA.

Balkon, K. S., Reeves, D. W., Shaw, J. N., Burmester, C. H., and Curtis, L. M. 2006. Cotton yield and fiber quality from irrigated tillage systems in the Tennessee Valley. Agronomy Journal 98: 596-602.

Bohrani, M. 1998. Crop residue management in irrigated farming. Proceedings of the 5th Iranian Crop Sciences Congress. Shiraz University, Shiraz, Iran. Page 656 (in Persian).

Cassel, D. K., Raczkowski, C. W., and Denton, H. P. 1995. Tillage effects on corn production and soil physical conditions. Soil Science Society of American Journal 59: 1436-1443.

Daddow, R. L., and Warrington, G. F. 1983. Growth limiting soil bulk densities by soil texture watershed systems. Development group, Report No. WSDG-TN-000005. USDA Eorestry Service. USA.

Doren, D. M., Van, G. B., and Henry, J. E. 1976. Influence of long term tillage. Crop rotation, and soil type combinations on corn yield. Soil Science Society of American Journal 40: 100-105.

Galantini, J. R., Rosell, A., Andriulo, A., Miglierina, A., and Iglesias, J. 1992. Humification and nitrogen mineralization of residues in semi-arid argentina. Science of the Total Environment 117-118: 263-270.

Griffith, D. R., Kladirko, E. J., Mannering, J. V., West, T. D., and Parsons, S. D. 1988. Long- term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soils. Agronomy Journal 80: 599-605.

Jamshidian, R., and Khajehpoor, M. R.1999. Effects of seedbed preparation methods

on soil nutrition and compaction and mungbean stablishment after wheat harvesting. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 2: 130-143.

Johnson, A. I. 1962. Methods of measuring soil moisture in the field. Geological Survey Water Supply. Paper 1619-U.

Lal, R., Mohboubi, A., and Fausey, N. R. 1994. Long- term tillage and rotation effects on properties of central ohio soils. Soil Science Society of American Journal 58: 517-522.

Larson, W. E., Holt, R. F., and Carlson, C. W. 1978. Residues for soil conservation P. L- 15. In: Oschward, W. R. Crop Residue Management Systems. Spec. Pub. 31 American Society of Agronomy. Madison. WI. USA.

Limon-Ortega, A., Sayer, K. D., Drijber, R. A., and Francis, C. A. 2002. Soil attributes in a furrow- irrigated bed planting system in northwest mexico. Soil and Tillage Research 63: 123-132.

Linden, D. R., Clapp, C. E., and Dowdy, R. H. 2000. Long-term corn grain and stover yields as a function of tillage and residue removal in east central Minnesota. Soil Tillage Research 56: 167-174.

Motamed, A. 1997. Effects of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative properties of Reyhan variety of barley. Seed and Plant 13: 39-29 (in Persian).

Najafinezhad, H., Javaheri, M. A., Geibi, M. and Rostami, M. A. 2007. Influence of tillage practices on the grain yield of maize and some soil properties in maize - wheat cropping system of Iran. Journal of Agriculture and Social Sciences 3: 87-90.

Najafinezhad, H., Rashidi, N., and Ravari, S. Z. 2005. Effects of seedbed preparation methods on yield of grain corn and some soil properties in double croping system. Seed and Plant 21: 315-330 (in Persian).

Nesmith, D. S., Eradcliffe, D., Hargrove, W. L., and Elark, R. L. 1987. Soil compaction in double-cropped wheat and soybean on anultisol. Soil Science Society of American Journal 51: 183-186.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA, Washington, DC., USA.

Osuagwu, G. G. E., and Edeoga, H. O. 2012. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin content of the leaves of *Gongronema latifolium* (Benth).

International Journal of Medicinal and Aromatic Plants 2: 301-309.

Power, J. F., and Doran, J. W. 1988. Role of crop residue management in nitrogen cycling and use cropping strategies for efficient use of water and nitrogen. ASA Special Publication 51. Hargrove, W.L. Madison, WI, ASA-CSSA-SSSA, Inc., USA.

Raimbault. B. A., and Vyn, T. J. 1991. Crop rotation and tillage effects on corn growth and soil structural stability. Agronomy Journal 83: 979-985.

Sayer, K. D., Mezzalama, M., and Martinez, M. 2001. Tillage, crop rotation and crop residue management effects on maize and wheat production for rain fed conditions in Altiplane of central Mexico. CIMMYT, Mexico, D. F. Mexico.

Sparks, D. L. 1987. Potassium dynamics in soils. Advances in Soil Science 6:1-63.

Sparks, D. L. 1996. Methods of soil analysis. Part 3 - Chemical methods. SSSA Book Series No. 5. SSSA and ASA, Madison WI., USA.

Tanguilig, V. C., Yambao, E. B., Toole, J. C. O., and DeDatta, S. K. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. Plant Soil 103:155.

Undersander, D. J., and Reiger, C. 1985. Effect of wheat residue management on continuous production of irrigated winter wheat. Agronomy Journal 77: 508-511.

Wilhelm, W. W., Johnson, J. M. F., Hatfield, J. L., Voorhees, W. B., and Linden, D. R. 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal. Agronomy Journal 96: 1-17.

Zhang, S., Lovdahl, L., Grip, H., Tong, Y., Yang, X., and Wang, Q. 2009. Effects of mulching and catch cropping on soil temperature, soil moisture and wheat yield on the Loess Plateau of China. Soil and Tillage Research 102: 76-86.

Zuber, M.S., and Smith, G. E. 1975. Crude protein of corn grain and stover as influenced by different hybrids, Plant populations and nitrogen levels. Agronomy Journal 46: 251-257.